

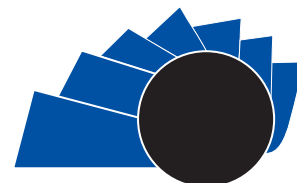


UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Visión Electrónica

Más que un estado sólido

<https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>



VISIÓN ELECTRONICA

Visión Investigadora

Análisis de distorsión armónica para controladores dimerizables en luminarias LED

Analysis of harmonic distortion for drivers dimmable in LED luminaire

César Andrés Rincón Triana¹, Javier Andrés Muñoz Romero², Luis Antonio Noguera Vega³

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Historia del artículo

Enviado: 05/12/2017

Recibido: 03/02/2018

Aceptado: 28/04/2018

Palabras clave:

Controlador

Dimerizable

Distorsión Armónica

LED

PWM

TRIAC

Keywords:

Controller

Dimmer

Harmonic Distortion

LED

PWM

TRIAC

RESUMEN

El propósito de esta investigación es identificar el comportamiento de los controladores de atenuación empleados para el funcionamiento de lámparas LED, dando cumplimiento a la norma IEC 61000, a través de análisis de distorsión armónica aplicada a controladores tipo TRIAC y PWM, comparando niveles de iluminación, THDi y corriente. Se demuestra que el controlador tipo TRIAC presenta niveles de distorsión armónica que no cumplen con los parámetros establecidos por la norma, en comparación con el controlador tipo PWM. Se evidencia la inconveniencia de implementar controladores tipo TRIAC por afectar la red eléctrica y los circuitos de donde se esté alimentando, a pesar que es el más accesible y económico del mercado.

ABSTRACT:

The purpose of this research project is to identify the behavior of the attenuation controllers used for the operation of LED, in compliance with the IEC 61000 standard, through a harmonic distortion analysis applied to TRIAC and PWM controllers, comparing levels of lighting, THDi and current. The experimental results show that the TRIAC controller type presents harmonic distortion levels that do not meet the parameters established by the standard, compared to the type of PWM controller. It evidence that If TRIAC type controllers are implemented, they affect the electrical network and the circuits where the power is located, since this type of controller is the one that presents the easiest acquisition and lowest cost in the market.

¹ Tecnólogo en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Lugar de trabajo: AYM Consultoría y Diseño Eléctrico SAS, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: rintrio@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4874-3076>

² Tecnólogo en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Lugar de trabajo: Laboratorios de Tecnología en Electricidad - Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jamunozr@correo.udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7131-7190>

³ Ingeniero en Distribución y Redes Eléctricas, especialista en Informática y Automática Industrial. Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Miembro honorario de la Cámara Colombiana de la Energía - CCENERGIA. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: lanoguera@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4659-4727>

Citar este artículo como: C. A. Rincón-Triana, J. A. Muñoz-Romero y L. A. Noguera-Vega, "Análisis de distorsión armónica para controladores dimerizables en luminarias LED", Visión electrónica, algo más que un estado sólido, vol. 1, no. 1, Edición especial, enero-junio 2018. DOI revista: <https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>.

1. Introducción

Actualmente, las luminarias LED (Light Emitting Diode) están siendo usadas con mayor frecuencia ya que, junto a las Lámparas Fluorescentes Compactas (CFL), han abastecido la creciente demanda energética gracias a su bajo consumo, accesibilidad y costo económico,[1] [2] [3] [4], aunque se necesite un controlador AC/DC para su funcionamiento y, en este caso, cuidar la atenuación de la luminaria, [5].

En este sentido, los controladores más implementados para la atenuación pueden ser análogos con modulación de ancho de pulso (PWM), o también por un controlador (controlador y dimmer) convencional que emplea un sistema conocido como regulación TRIAC el cual pasa de corriente alterna a corriente continua y necesita de un dimmer empleado para el recorte de fase,[6]. De esta situación se evidencia que tales dispositivos electrónicos presentan contenido armónico, lo cual dependiendo de su tipo puede ser una fuente de mayor distorsión,[7] [8].

Por tanto, con esta investigación se plantea analizar una muestra de luminarias con los dos tipos de controladores más utilizados. De ahí que el presente artículo se divida en 3 secciones: la primera la metodología, donde se ilustra la forma en que fue desarrollado el proyecto. En la segunda parte se aborda los resultados obtenidos, los cuales se dividen de acuerdo a las diferentes configuraciones de los driver. En la última parte se analizan los resultados que muestra que los controladores PWM poseen una mejor eficiencia lumínica en comparación a los controladores tipo TRIAC

2. Materiales y Metodología

Se ejecutaron tres etapas para el desarrollo del proyecto. La primera de ellas se basó en la investigación acerca de los tipos de controladores para luminarias LED dimerizables y sus aplicaciones en edificaciones no residenciales, el mercado y la demanda nacional de éste tipo de tecnologías. En la segunda etapa se realizó un rastreo del estado del arte y normativo con el que cuenta este tipo de tecnología, encontrando como referencia principal la norma IEC 61000 partes 3-2 y 4-7, y varios estudios que soportaron el cumplimiento de los objetivos planteados,[9]. A partir de la norma y con la disponibilidad del laboratorio de electricidad de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad tecnológica (UDFJC de C-FT) se seleccionaron los equipos (Analizador de Energía Fluke 435 serie II), y las variables de análisis: corriente,

tensión, potencia activa, frecuencia, componentes armónicas de corriente y THDi.

A partir de lo anterior, se escogieron dos tipos de controles (PWM y Regulación TRIAC), los cuales se trabajarán con luminarias de 12 W.

Por último, se desarrollaron los estudios y pruebas de laboratorio con configuraciones dadas como criterios iniciales para cada controlador donde se tomó un rango de tiempo para cada intervalo de 10 segundos, obteniendo los respectivos resultados con los cuales se realizó la comparación con la norma y otros estudios realizados.

2.1. Criterios Iniciales

En las figuras 1 y 2, se observan los montajes que se realizaron para desarrollar los ensayos, en los cuales - para reducir las perturbaciones de la red eléctrica- se utilizó una UPS, que aporta una señal sinusoidal pura libre de contenido armónico al estudio.

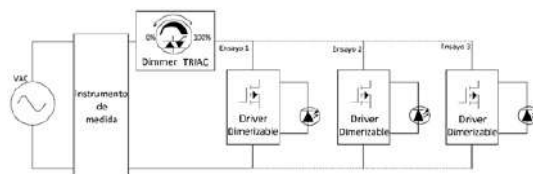


Figura 1. Montajes Controlador tipo TRIAC.
Fuente: elaboración propia

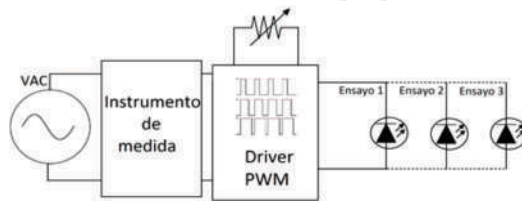


Figura 2. Montajes Controlador PWM. Fuente: elaboración propia

Después de realizar un censo de luminarias utilizadas en instalaciones no residenciales, se decidió seleccionar una de marca reconocida con características mostradas en la Tabla 1:

Panel LED 12 W SYLVANIA	
Potencia	12 W
Tipo	LED
Temperatura del color	6.500 K
Protección	IP 20
Tensión	0 V- 40 V DC
Flujo luminoso	700 lm

Tabla 1. Características técnicas Panel LED SYLVANIA [10].

La tensión implementada para los dos tipos de controladores (TRIAC y PWM) fue de 120 V en AC, a una frecuencia fija de 60 Hz.

2.2. Caracterización de controladores

Con el fin de establecer el comportamiento de cada controlador (TRIAC y PWM), se decidió someter cada uno a ensayos que permitieran observar el comportamiento en función de los valores nominales de las luminarias y su iluminancia.

En la Figura 3 se nota el comportamiento de la luminaria LED seleccionada sin incluir controlador, el montaje se desarrolló mediante la conexión de las lámparas a una fuente DC variable (0 V-42 V) sin los controladores, estos valores son necesarios para calcular los valores de potencia disipada por los controladores, ya que la salida de tensión de los controladores tienen frecuencias y formas de ondas que resulta complicadas medir. Además, se obtuvo el valor de iluminancia a potencia nominal, el cual fue de 2200 LUX a 300 mA.

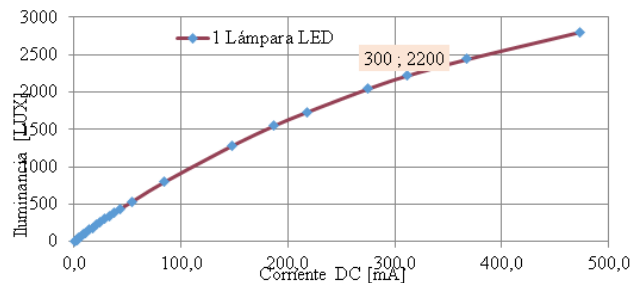


Figura 3. Iluminancia VS Corriente. Prueba DC en Lámpara LED. Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 se observa el comportamiento de cada controlador con las respectivas luminarias; cabe aclarar que la iluminancia que se tomó es el promedio de las respectivas lámparas. Claramente se observa la diferencia que tienen los sistemas y configuraciones implementadas, de los cuales se evidencia que el sistema TRIAC hace que la luminaria tenga una menor iluminancia, saturándose en un punto, esto se debe a que el driver no regula a valores nominales de corriente. Por otra parte, con el controlador PWM, con 3 y 2 lámparas, se observa que no se presenta la saturación y permite obtener una mayor iluminancia, lo cual se traduce en mayor eficiencia lumínica. Por el contrario, cuando se tiene una sola lámpara en el sistema PWM, la corriente de consumo es mayor pero su nivel de iluminancia sobrepasa el límite de su valor nominal, esto se debe a que la potencia nominal del controlador PWM utilizado es aproximadamente 3 veces la potencia nominal de la lámpara.

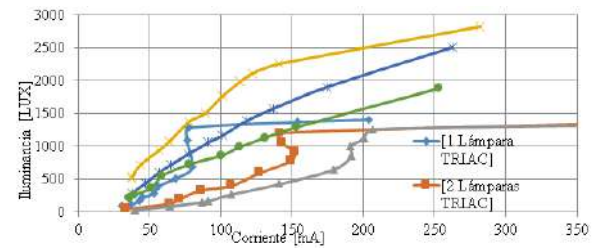


Figura 4. Iluminancia VS Corriente. Comparación controladores tipo TRIAC y PWM. Fuente: elaboración propia.

3. Análisis

Las Figura 5 y Figura 6 representan la base del análisis, ya que en éstas se analizan los valores e intervalos relacionados en los siguientes resultados proporcionados por el FLUKE 435 serie II y Luxómetro Exttech:

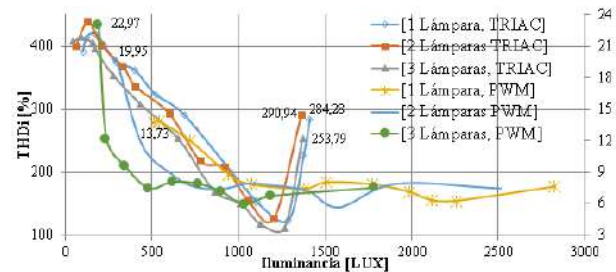


Figura 5. THDi VS Iluminancia. Comparación controladores tipo TRIAC y PWM. Fuente: elaboración propia.

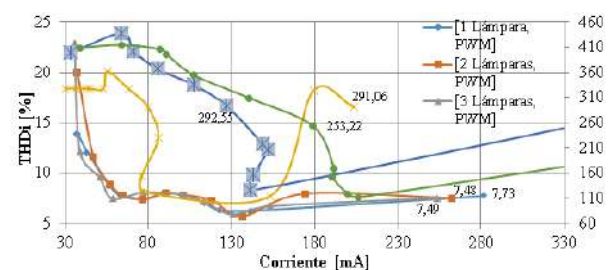


Figura 6. THDi VS Corriente. Comparación controlador tipo PWM vs TRIAC. Fuente: elaboración propia.

Es evidente que el comportamiento del THDi para el controlador PWM y sus diferentes configuraciones se reduce a medida que aumenta la corriente y su nivel de iluminación, además, refleja la eficiencia lumínica que presenta este controlador respecto al TRIAC, el cual presenta un alto índice de THDi en las diferentes configuraciones.

Adicionalmente, se compararon los diferentes

resultados obtenidos en la configuración con 1 y 3 lámparas, para los dos controladores a potencia nominal, con la Norma IEC 61000-3-2.

En la Tabla 2 se realizó la comparación para el controlador PWM con 1 y con 3 lámparas, y para el controlador TRIAC con 3 lámparas, para potencias superiores a 25 W, donde la Norma IEC 61000-3-2 establece que en cualquier punto de atenuación la distorsión debe ser inferior o igual a los valores establecidos. Se puede evidenciar que el controlador TRIAC no cumple con los valores establecidos por la norma según sus componentes armónicas, encontrándose que el tercer armónico es que más porcentaje representa, a diferencia del controlador PWM que supera levemente con el noveno y onceavo armónico.

Orden armónico	Máxima corriente armónica permitida expresada como un porcentaje de la corriente fundamental [%]	Corriente armónica [%]			Valor Porcentual superado [%] (TRIAC)
		PWM 1 lámpara	PWM 3 lámparas	TRIAC 3 lámparas	
2	2	0,337	0,769	92,068	4503
3	30 / 27 / 9,18	7,379	17,097	73,239	698
5	10	0,614	4,558	62,979	530
7	7	0,694	6,934	51,63	638
9	5	0,893	7,799	52,73	955
11	3	-	4,015	-	-

Tabla 2. Comparación distorsión armónica de controlador PWM y TRIAC con la norma IEC 61000-3-2 Tabla 2. Fuente: elaboración propia.

Orden armónico	Corriente armónica por vatio del controlador TRIAC [mA/W]	Máxima corriente armónica por vatio permisible [mA/W]	Valor porcentual superado respecto a la norma [%]
3	7,075	3,4	108
5	5,516	1,9	190
7	5,123	1	412
9	4,836	0,5	867
11	4,398	0,35	1157

Tabla 3. Comparación distorsión armónica de controlador TRIAC (1 luminaria) con la norma IEC 61000-3-2 Tabla 3. Fuente: elaboración propia.

Por último, en la tabla 3, se comparó el controlador TRIAC con una sola lámpara, respecto a los niveles establecidos por la IEC 61000-3-2, para dispositivos con potencias iguales o inferiores a 25 W, donde se observó que en los niveles más bajos de potencia el controlador tipo TRIAC cumple con los estándares de la Norma.

Por tanto, el uso de un controlador TRIAC afectará significativamente la red, ya que distorsión armónica es muy elevada, superando los límites de la norma, lo que se traduce en que tener instalaciones eléctricas con luminarias dimerizables con TRIAC, presentarán una baja eficiencia lumínica y un alto THD, situación que aumenta las pérdidas en los conductores y genera

afectaciones propias de la distorsión armónica en las redes eléctricas.

4. Resultados

Se realizaron una serie de ensayos con base en los montajes, configuraciones y equipos de medida descritos en la metodología, donde se obtuvieron valores y datos que permitieron realizar un análisis de distorsión armónica para cada sistema de iluminación LED y posterior a eso respectivas comparaciones que permiten obtener resultados sustanciales.

5. Conclusiones

El análisis ejecutado, pudo dejar clara la diferencia en cuanto a la distorsión que generan los dos controladores; la comparación deja claro, por otro lado, que es recomendable implementar controladores tipo PWM, no solo por los índices bajos de consumo de corriente y THDi en comparación a la norma. Aparte de esto, se debe tener en cuenta que si se siguen implementando controladores tipo TRIAC podría afectar la red eléctrica y los circuitos de donde se esté alimentando, ya que este tipo de controlador es el que presenta más facilidad de adquisición y menor costo en el mercado.

Como se pudo observar en la caracterización, el controlador tipo TRIAC presenta unos niveles más bajos de THDi en un rango de valores definidos de iluminancia, lo que traduce a que se deben usar en unos porcentajes de atenuación donde el LED de alguna u otra manera no presente una saturación, ya que este tipo de comportamiento es el que hace que la distorsión armónica sea mucho mayor.

La disipación de potencia activa respecto al controlador tipo TRIAC es inversamente proporcional a las lámparas que hagan parte del circuito, gracias a esto, se concluye que el uso de una lámpara con controlador tipo TRIAC, presenta mayores pérdidas de potencia en comparación con configuraciones de más de dos lámparas.

Se debe hacer un adecuado uso de la norma IEC 61000-3-2 ya que los controladores con mayor acceso en el mercado nacional son el tipo TRIAC, los cuales generan valores de distorsión armónica fuera del rango establecido en la norma. Respecto al controlador tipo PWM, algunas componentes armónicas no dan cumplimiento con los estándares de la IEC. Por lo anterior, se recomienda un mayor estudio relacionado a estas tecnologías, con una norma aplicable a sistemas de

120 V basada en estudios relacionados.

Se evidenció que el uso de las series trigonométricas de Fourier es un método confiable al momento de realizar el análisis de distorsión armónica, generando bajos índices de error en las medidas.

El uso de osciloscopio para el análisis de THDi proporciona mayor exactitud en comparación con el analizador de calidad. Vale aclarar que para generar dicha exactitud se debe implementar un algoritmo lo suficientemente bueno para el análisis de estas señales, se sugiere el uso de las series trigonométricas, la FFT entre otros, [11].

Referencias

- [1] S. Uddin, H. Shareef, M A Hannan y A. Mohamed, "An analysis of harmonics from LED lamps", Asia - Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2012, pp. 837-840. DOI: <https://doi.org/10.1109/APEMC.2012.6238014>
- [2] D. F. Castañeda, G. Sáenz y H. Cárdenas, "Estudio comparativo de características eléctricas y fotométricas de LEDs de iluminación de estado sólido y CFLs para iluminación interior", Revista Tekhne, vol. 9, 2012, pp. 9-11.
- [3] A. Franco, M. R. Debatin, R. M. Cotia, F. Silva y M. Ribeiro, "Compact fluorescent lamps, LED lamps and harmonic distortion", Journal of Physics: Conference Series, vol. 575, 2015.
- [4] S. Di Mauro y A. Raciti, "Analysis and comparison of CFLs and LED lamps", Annual Conference - From Research to Industry: The Need for a More Effective Technology Transfer (AEIT), 2014, pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/AEIT.2014.7002055>
- [5] S. Uddin, H. Shareef, M. Hannan y A. Mohamed, "An analysis of harmonics from dimmable LED lamps", IEEE International Power Engineering and Optimization Conference Melaka, Malaysia, 2012, pp. 182 - 186. DOI: <https://doi.org/10.1109/PEOCO.2012.6230857>.
- [6] R. Rivera, "Estudio del estado del arte de las lámparas de iluminación LED y su comportamiento armónico", tesis M. Sc., Universidad Politécnica de Catalunya, España, 2014.
- [7] S. Ananwattanaporn y A. Ngaopitakkul, "Power quality analysis in light emitting diode lamps", 17th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 2016, pp. 1-6.
- [8] A. H. Jahanikia y M. Abbaspour, "Studying the effects of using compact fluorescent lamps in power systems", 14th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), 2010, pp. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICHQP.2010.5625407>
- [9] NTC, "Calidad de la potencia eléctrica - CPE", Norma Técnica Colombiana, 2013.
- [10] IEEE, "IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems", 2014.
- [11] International Electrotechnical Commission (IEC), "Electromagnetic compatibility (EMC)", 2014.